

⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 196 02 079 C1

⑮ Int. Cl. 6:  
**G 01 J 3/18**  
G 02 B 5/18  
B 32 B 33/00  
C 25 D 7/00

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑬ Patentinhaber:

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, 78133  
Karlsruhe, DE

⑭ Erfinder:

Schubert, Klaus, Dr., 78227 Karlsruhe, DE; Bohn,  
Lothar, 78707 Hambrücken, DE

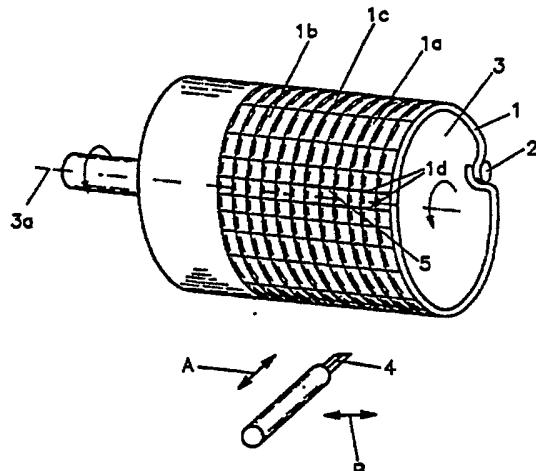
⑮ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 37 09 278 C2  
J.P. Laude, J.M. Lerner, SPIE Vol. 503, S. 22-28  
(1984);  
H.W. Yan et.al., Opt. Lett. 6, 639 (1981);  
L.A. Sayce, Umschau 1962, Heft 2, S. 50-51;  
C. Müller, J. Mohr, Wissenschaftliche Berichte  
FZKA 5609, Forschungszentrum Karlsruhe (1995);  
L.A. Sayce, Endeavour, Oktober 1953, S. 210-216;

⑯ Verfahren zum Herstellen von Reflexionsgittern für Mikrospektrometer

⑰ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen selbstfokussierender Reflexionsgitter für die Serienfertigung von Mikrospektrometern, in Gestalt von flexiblen, die Gitterstruktur tragenden Folienstreifen, die mit Stützstrukturen der Gehäuse oder von Gehäuseteilen der Mikrospektrometer zusammengefügt werden.

Erfindungsgemäß werden folgende Schritte vorgeschlagen:  
a) eine Folie wird auf die Spannscheibe einer Ultrapräzisionsdrehmaschine gespannt;  
b) die Spannscheibe wird gedreht und in die Folie werden mit Microformdiamanten parallel zueinander verlaufende Gitterzacken eingearbeitet, so daß eine Gitterzackenstruktur vorgebbarer Breite und Tiefe entsteht;  
c) anschließend wird die Folie mittels parallel zur Drehmaschinennachse verlaufender Schnitte in eine Vielzahl schmäler, biegsamer Folienstreifen zerlegt.



DE 196 02 079 C1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen selbstfokussierender Reflexionsgitter für Mikrospektrometer gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Aus L.A. Sayce, Umschau 1962, Heft 2, S. 50–51 und L.A. Sayce, Endeavour, Oktober 1953, S. 210–216 ist es bekannt, eine Drehbank bzw. eine Drehmaschine zur Herstellung von Urformen für Beugungsgitter zu verwenden, aus denen anschließend durch Abformen die zur Verwendung vorgesehenen Gitter hergestellt werden.

In SPIE, Vol. 503, Application, Theory and Fabrication of Periodic Structures (1984), Seiten 23 und 24, ist eine Konfiguration mit einem konkaven Gitter beschrieben und dargestellt, bei der eine Siliziumscheibe mit dem Reflexionsgitter zylindrisch gebogen auf die Stirnseite eines flachen Multimode-Wellenleiters aufgespannt wird (siehe Fig. 3 auf Seite 24). Eine ähnliche Anordnung ist aus der Fig. 1b der JP-OS 60-90311 vom 21. Mai 1985 bekannt. Aus OPTICS LETTERS, Vol. 6, No. 12, Dec. 1981, Seiten 639 bis 641 ist ein planares Rowland-Spektrometer bekannt mit einem flexiblen Reflexionsgitter, das auf einem dünnen Glassubstrat mittels Holographie und Ionenstrahl-Ätzen hergestellt wurde. Dieses flexible Gitter wird in einem Spannrahmen eingesetzt und gegen die gewölbte Stirnseite des Wellenleiters des Spektrometers gepreßt (siehe Fig. 3 auf Seite 640). Während im Zuge der Herstellung der Wellenleiter dreißig Strukturen an ihren stirnseitigen, gewölbten Flächen gleichzeitig poliert werden (siehe Seite 639, linke Spalte, unten) müssen die flexiblen Reflexionsgitter in Einzelfertigung hergestellt werden.

Ausgehend von diesem zuletzt erörterten Stande der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, auch für die Herstellung der Reflexionsgitter ein Verfahren bereitzustellen, das für eine Serienfertigung geeignet ist, wobei der Krümmungsradius, die Breite und die Höhe des Reflexionsgitters in weiten Grenzen frei wählbar sein sollen.

Diese Aufgabe wird mit den kennzeichnenden Schritten von Anspruch 1 gelöst; die hierauf bezogenen Unteransprüche beinhalten vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen dieser Lösung.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können bei gleichbleibend hoher Qualität in einem Arbeitsgang die Gitterzackenstrukturen für einige hundert Mikrospektrometer hergestellt werden. Die Breite und Höhe der Reflexionsgitterstrukturen können in weiten Grenzen frei gewählt werden. Eine für die Durchführung des Verfahrens geeignete Drehmaschine und Formdiamanten, mit denen feinste Strukturen im  $\mu\text{m}$ -Bereich in eine Folie eingearbeitet werden können, sind in der DE 37 09 278 C2 erwähnt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Figuren erläutert:

Die Fig. 1 zeigt schematisch die Spannscheibe einer Ultrapräzisionsdrehmaschine mit aufgespannter Folie, die

Fig. 2 einen mit der Gitterstruktur versehenen Folienstreifen, die

Fig. 2a in starker Vergrößerung den Querschnitt der Gitterstruktur gemäß Fig. 2, und

Fig. 3 zwei Gehäuseteile eines Mikrospektrometers mit dazwischen geklemmter Gitterfolie.

Die Fig. 1 zeigt eine dünne Folie 1 aus Metall der Kunststoff, z. B. eine 100  $\mu\text{m}$  dicke Kupferfolie, die mittels eines versenkten Spannelements 2 auf der Spannscheibe 3 einer Ultrapräzisionsdrehmaschine einge-

spannt ist. Die Spannscheibe wird in Drehung versetzt und in die Folie 1 werden mit einem in den Richtungen "A" und "B" verschiebbaren Mikroformdiamanten 4 in Umfangsrichtung zwei Scharen 1a, 1b von parallel zu einander verlaufenden Gitterzacken 5a mit vorgegebenem Zackenabstand, z. B. 10  $\mu\text{m}$ , und Zackentiefe, z. B. 1,6  $\mu\text{m}$ , eingearbeitet, so daß eine Gitterzackenstruktur vorgebbarer Breite und Tiefe entsteht. Durch einen peripheren Trennschnitt 1c werden die Scharen 1a, 1b voneinander getrennt. Durch parallel zur Drehmaschinenachse 3a verlaufende Schnitte 1d wird die strukturierte Folie 1 in eine Vielzahl schmaler Folienstreifen 5 zerlegt. Die Trennschnitte 1c bestimmen die Breite, die Abstände der Schnitte 1d die Höhe der Folienstreifen 5 und damit die Höhe H des Reflexionsgitters mit den Gitterzacken 5a.

Die Fig. 2 zeigt einen solchen Folienstreifen 5 mit der Höhe H und mit einem mittleren Bereich der Breite B, der die eingearbeiteten parallelen Gitterzacken 5a aufweist; zwei unbearbeitete Randbereiche 5b, 5c schließen sich an den strukturierten mittleren Bereich an. Die Fig. 2a zeigt in stark vergrößertem Maßstab die sägezahnartige Gitterstruktur 5a. Zackenbreite Z (Gitterkonstante) und Zackentiefe T können je nach Verwendungszweck variieren. Bei Verwendung von schlecht reflektierenden Folienmaterialien, insbesondere von Kunststofffolien, sind die strukturierten Oberflächen mit einem gut reflektierenden Metall, z. B. Gold, durch Sputtern oder Aufdampfen zu beschichten.

Die Fig. 3 zeigt zwei Gehäuseteile 6a, 6b eines planaren Rowland-Spektrometers für IR-Strahlung, zwischen denen die Reflexions-Gitterstruktur 5a aufweisende Folienstreifen 5 der Fig. 2 eingeklemmt ist. Dabei entspricht die konkave Krümmung des Gehäuseteils 6a, die den Folienstreifen 5 mit seiner glatten Rückseite aufnimmt und flächig abstützt, dem Gittergrundkreis, während die (nicht dargestellten) Enden der Lichtleiter zum Ein- und Auskoppen des IR-Lichtes gegenüberliegend auf dem Rowlandkreis angeordnet sind (siehe hierzu auch FZKA-Bericht 5609 des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH, Juni 1995, Seiten 14 und 15).

Auf der Folie 1 kann vor dem Aufspannen auf die Spannscheibe 3 eine dünne Metallschicht galvanisch, z. B. aus Kupfer, Silber oder Gold, oder chemisch, z. B. aus Nickel, abgeschieden werden. Die Oberfläche dieser dünnen Metallschicht wird feinstgeschliffen. Nach dem Aufspannen der Folie 1 auf die Spannscheibe 3 der Drehmaschine werden in die Oberfläche der dünnen Metallschicht die Gitterzacken 5a eingearbeitet, worauf — wie vorbeschrieben — die Schnitte 1c und 1d zur Bildung der Folienstreifen 5 angebracht werden.

Anstelle einer vorgefertigten Folie ist es auch möglich, auf eine drehbare Trägersscheibe (anstelle einer Spannscheibe) der Drehmaschine zunächst eine Metallschicht galvanisch, z. B. aus Kupfer, Silber oder Gold, oder chemisch, z. B. aus Nickel, abzuscheiden, die vor dem Einarbeiten der Gitterzacken feinstgeschliffen wird. Nach der Strukturierung mit Gitterzacken und dem Anbringen der Trennschnitte werden die so entstandenen, mit den Reflexionsgitterstrukturen versehenen Folienstreifen von der Trägerscheibe getrennt. Z. B. kann die Scheibe zuvor mit einer selektiv abätzbareren Opferschicht versehen sein, die ebenfalls galvanisch aufgebracht werden kann.

Mit diesen beiden, zuletzt genannten Methoden lassen sich Gitterfolienstreifen mit hoher metallischer Reinheit, hoher Oberflächengüte und weitgehender Spannungsfreiheit herstellen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen selbstfokussierender Reflexionsgitter für die Serienfertigung von Mikrospektrometern, in Gestalt von flexiblen, die Gitterstruktur tragenden Folienstreifen, die mit Stützstrukturen der Gehäuse oder von Gehäuseteilen der Mikrospektrometer zusammengefügt werden, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- a) eine Folie (1) aus Metall oder Kunststoff wird auf die Spannscheibe (3) einer Ultrapräzisionsdrehmaschine gespannt;
- b) die Spannscheibe (3) wird in Drehung versetzt, und in die Oberfläche der Folie (1) werden mit Mikroformdiamanten in Umfangsrichtung parallel zueinander verlaufende Gitterzacken (5a) mit vorgegebenem Zackenabstand eingearbeitet, so daß eine Gitterzackenstruktur vorgebbarer Breite und Tiefe entsteht;
- c) anschließend wird die Folie (1) mittels parallel zur Drehmaschinenachse (3a) verlaufender Schnitte (1d) in eine Vielzahl schmaler, biegbarer Folienstreifen (5) zerlegt, wobei die gegenseitigen Abstände der Schnitte (1d) die Höhe der Gitterzackenstruktur bestimmen.

5

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Folie (1) vor dem Aufspannen auf die Spannscheibe (3) der Drehmaschine gemäß Merkmal a) eine dünne Metallschicht galvanisch, z. B. aus Kupfer, Silber oder Gold, oder chemisch, z. B. aus Nickel, abgeschieden wird, die vor dem Einarbeiten der Gitterzacken feinstgeschliffen wird, und daß nach dem Einarbeiten der Gitterzacken in die Oberfläche der dünnen Metallschicht gemäß Merkmal b) die Schritte gemäß Merkmal c) 30 durchgeführt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle einer Folie gemäß Merkmal a) auf einer drehbaren Trägerscheibe eine Metallschicht galvanisch, z. B. aus Kupfer, Silber oder Gold, oder chemisch, z. B. aus Nickel, abgeschieden wird, die vor dem Einarbeiten der Gitterzacken feinstgeschliffen wird, und daß nach dem Einarbeiten der Gitterzacken in die Oberfläche der Metallschicht und dem Anbringen der Schnitte gemäß Merkmal c) die so entstandenen, mit den Gitterstrukturen versehenen Folienstreifen von der Trägerscheibe getrennt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß in die Oberfläche der Folie (1) bzw. der Metallschichten wenigstens zwei Scharen (1a, 1b) von Gitterzackenstrukturen (5a) gemäß Merkmal b) eingearbeitet werden, die durch wenigstens einen peripheren Trennschnitt (1c) voneinander getrennt werden.

55

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

**- Leerseite -**

~~15. Mai 1997~~

Fig. 1

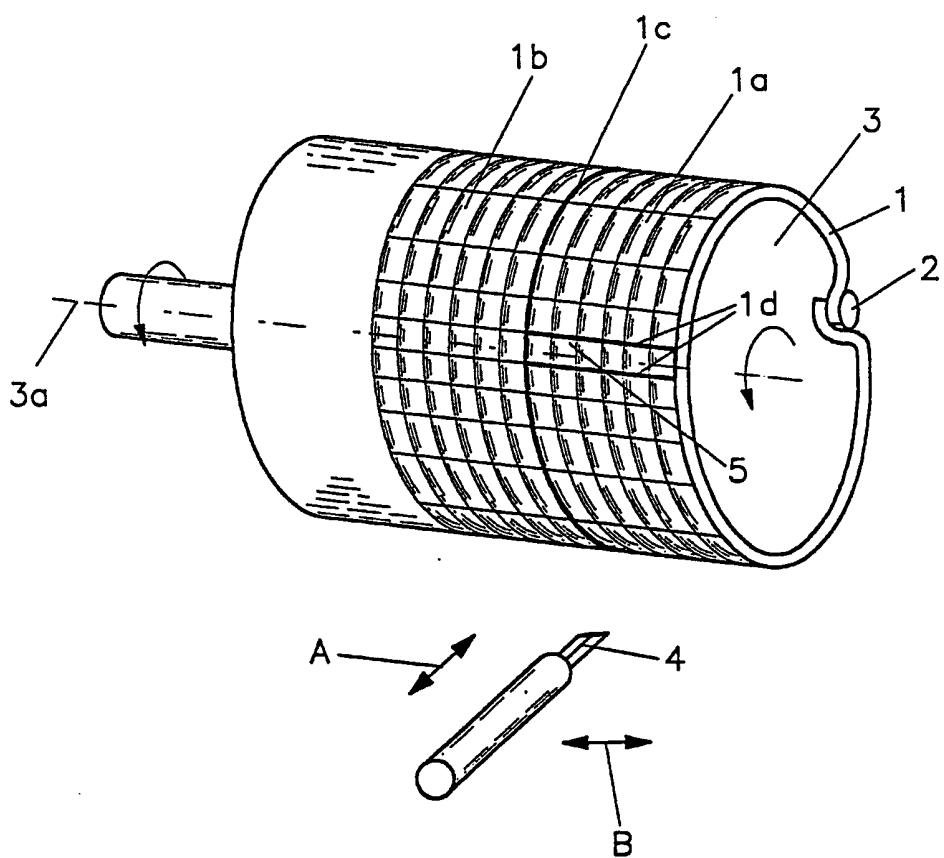


Fig. 2

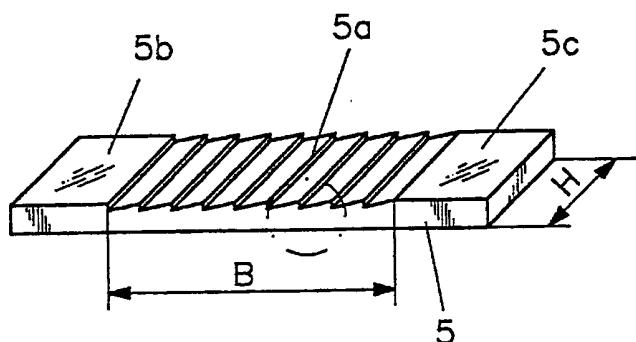


Fig. 2a

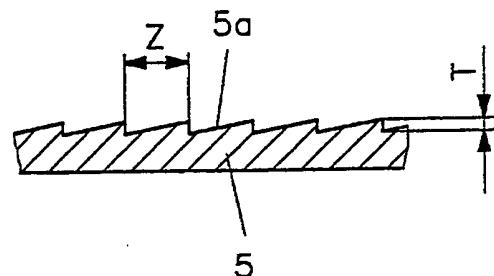


Fig. 3

